№ 11. Warszawa, 25 listopada 1933 r. Rok XI.

TECHNIKA CIEPLNA

CZASOPISMO STOWARZYSZENIA DOZORU KOTŁÓW W WARSZAWIE

OFICJALNY ORGAN POLSKIEGO KOMITETU NORMALIZACYJNEGO DLA SPRAW KOTŁOWYCH

REDAKTOR: Inż. techn. JAN KOMARNICKI.

Wydawca: Stowarzyszenie Dozoru Kotłów w Warszawie.

REDAKCJA I ADMINISTRACJA: WARSZAWA, PIUSA XI 32, m. 12. TEL. 8-81-47.

GODZINY BIUROWE: REDAKCJI—PIĄTKI OD 18 DO 20 i ADMINISTRACJI—CODZIENNIE, OD 10 DO 15.

T. CZAJKOWSKI, inż. mech.

OCZYSZCZANIE GAZÓW SPALINOWYCH i SPALANIE MIAŁU WĘGLOWEGO na RUSZTACH PODMUCHOWYCH

Nie wszystkie metody oczyszczania gazów spalinowych o których mówiliśmy w poprzednim artykule[1]) zapewniają same przez się zwiększenie sprawności instalacyj kotło-



Rys. 1
Kocioł wodnorurkowy. (Dymienie bez aparatu).

wych. Poniżej rozpatrzymy możliwości połączenia zagadnienia oddymienia palenisk przemysłowych z zagadnieniem potanienia ceny pary. W tym celu przedstawimy poniżej wyniki badań przeprowadzonych w instalacji kotłowej składającej się z czterech kotłów, a mianowicie z dwóch kotłów dwupłomienicowych po 75 m^2 p. o. i 5 *atn* ciśnienia oraz z dwóch kotłów wodnorurkowych po 72 m^2 p. o. i 12 *atn* ciśnienia. W zastosowanem w instalacji tej urządzeniu, wykonanem przez firmę krajową, przez wprowadzenie do paleniska wtórnego ogrzanego powietrza wytwarzamy wiry i w ten sposób zwiększamy wyzyskanie pojemności komory spalinowej zmuszając do spalania się niespalone jeszcze węglowodory. W ten sposób zmniejszamy



Rys. 2
Dwa kotły czynne (1 wodnorurkowy i 1 dwupłomienicowy) bez aparatu. Dymienie po zarzuceniu paliwa. Paliwo — miał węglowy górnośląski.



Rys. 3
Kocioł wodnorurkowy po założeniu urządzenia oddymiającego.

dymienie i osiągamy szczególniej w kotłach dwupłomienicowych korzystniejszy spółczynnik skuteczności instalacji. Próby potwier-

[1]) Por. *Technika Cieplna* str. 164/7, 1933.

działy całkowicie powyższe przypuszczenia.



Rys. 4
Kocioł dwupłomienicowy, po założeniu urządzenia oddymiającego.

Fotografowano intensywność dymienia po zarzuceniu paliwa t. j. w chwili największego jego nasilenia, jak również mierzono stopperem czas dymienia (por. rys. 1—4).

Stwierdzono, że po zainstalowaniu urządzenia intensywność dymienia po zarzuceniu jest znacznie słabsza, czas zaś dymienia wynosił:

przy wodnorurkowych z aparatem — $^1/_2$ min.
„ bez aparatu — 2 „

przy lankaszyrach dymienie ustało prawie zupełnie.

Przed rozpatrzeniem wyników prób należy zaznaczyć, że: aparaty wbudowano najpierw przy 1 kotle wodnorurkowym i 1 kotle lankaszyrskim — drugą parę kotłów bliźniaczych pozostawiono bez aparatów dla możności porównania wyników prób z aparatem i bez. W dalszym zaś ciągu skorzystano ze sposobności dokonania pewnych poprawek aparatu i usunięto go całkowicie z kotła wodnorurkowego dla możności dokonania prób z aparatem i bez aparatu na jednym i tym samym kotle.

Wyniki pomiarów były następujące:

	Kotły wodnorurkowe			Kotły dwupłomienicowe			UWAGI
	Próba			Próba			
	Bez aparatu do oddymiania		Z aparatem do oddym.	Bez aparatu do oddymiania		Z aparatem do oddym.	
Daty próby	9.IX.31	5.IV.32	14.X.31	25.IX.31		11.IX.31	
Czas próby—godz. . .	6	6	6	6		6	
Paliwo	Węgiel — miał z kop. „Paweł" (Górny Śląsk)						
Wartość opałowa dolna W_u — Cpł.	6516	6370	6441	6200		6526	
Otrzymany skutek użyteczny — % . . .	59,5	57,1	58;1	62,92		66,42	

Różnica skutku użytecznego w obu wypadkach t. j. przy paleniu z aparatem do oddymiania i bez aparatu wynosi:

kotły wodnorurkowe od + 1 do—1,4% średnio — 0,3% na niekorzyść aparatów do oddymiania
czyli można przyjąć że η pozostaje bez zmiany,
kotły dwupłomienicowe + 3,5% na korzyść aparatów do oddymiania.

Tak się przedstawia bilans porównawczy przy węglu śląskim.

Badania obejmują szereg prób. Czas każdej próby wynosił 6 godz. (warunki pracy starano się we wszystkich porównawczych próbach utrzymać jednakowe. Szczegółowe wyniki prób zawiera poniższe zestawienie [1]).

[1]) Por. tabele str. 175 i 176.

Szczegółowe rezultaty prób.

Próba	Kotły wodnorurkowe		Kotły dwupłomienicowe	
	bez aparatu	z aparatem	z aparatem	bez aparatu
Data próby	9. IX. 31	14. X. 31	11. IX. 31	25. IX. 31
Pow. ogrzew. kotła . . . m²	72	72	75	75
„ — rusztów . . . „	2	2	2,27	2,27
„ ogrzew. przegrzew. . . . „	19	19	—	—
Stos. pow. rusztów do pow. ogrzew. . . . —			1 : 33	
Paliwo — węgiel miał z kop. Paweł				
Analiza:				
Wilgoć . . . %	5,0	7,7	4,4	11,2
Popiół . . . „	10,5	9,8	11,2	17,5
Wartość opał. górna (Wg) . . . Cpł.	6774	6710	6780	6457
Wartość opał. dolna (Wu) . . . „	6516	6441	6526	6194
Czas trwania próby . . . godz.	6	6	6	6
Spalono ogółem . . . kg.	1412	1400	1186	1500
„ na godzinę . . . „	235,3	233,3	197,7	250
Spalono na godzinę i m² pow. rusztu . . . „	117,65	116,65	87	110,2
Popiół i żużel.				
Otrzymano ogółem żużel / popiół kg.	122 / 26 } 148	142	136 / 16 } 152	148 / 26 } 174
W % paliwa . . . %	10,5	10,1	12,8	11,5
Zawartość części palnych żużel / popiół %	12,7 / 17,67	30,6	17,73 / 22,8	10,83 / 26,3
Woda zasilająca.				
Temperatura w zbiorniku . . .	41,8	46	50,3	47
Temperatura przed / za podgrzewaczem °C	38,0 / 89,9	37,4 / 90,2		
Odparowano ogółem . . . kg.	8700	8260	8490	9610
„ na godzinę . . . „	1450	1376	1415	1601
Odparowano na godzinę i m² p. o. . . . „	20,13	19,12	18,9	21,36

P r ó b a	Kotły wodnorurkowe		Kotły dwupłomienicowe	
	bez aparatu	z aparatem	z aparatem	bez aparatu
Data próby	9. IX. 31	14. X. 31	11. IX. 9	25. IX. 31
P a r a:				
Średnie absol. ciśn. . . . . kg/cm^2	11,35	10,8	4,36	4,3
Temperatura pary przegrzanej . . . . °C	280	290		
Całkowite ciepło w 1 kg pary . . . Cpł.	719,1	724,4	655,84	655,68
Ciepło pochłonięte z paliwa przez 1 kg pary	629,2	634,2	605,54	608,68
G a z y s p a l i n o w e:				
Średnia zawartość . . . . CO_2%	8,9	8,2	9,34	8,2
„ „ . . . . O_2 „	9,4	11,5	10,15	9,6
„ „ . . . . CO „	0,69	0	0,0	0,3
„ „ . . . . N „	81,01	80,3	80,51	81,9
Nadmiar powietrza „m" . . . . %	1,723	2,16	1,902	1,767
Temperatura przed zasuwą kominową . . . °C	305,4	303	323,43	268
Temperatura pow. w kotłowni . . . . „	26,4	29,4	24,6	24
Ciąg przed zasuwą kominową . . . . m/m H_2O	14,7	21,8	10,4	13,7
O d p a r o w a l n o ś ć:				
1 kg paliwa odparował . . . . kg	6,16	5,9	7,16	6,41
1 kg paliwa odparował w stosunku do wody 0°C i pary 100° (639 Cpł) . . . . kg.	6,06	5,84	6,79	6,10
Ciepło uzyskane z 1 kg paliwa w kotle . Cpł.	3876	3742	4334,7	3897
Skutek użyteczny kotła . . . . %	59,5	58,1	66,42	62,92

B i l a n s c i e p l n y.

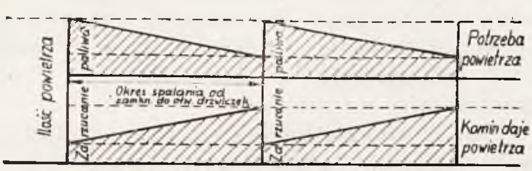
Z 1 kg paliwa				
1) wyzyskano . . . . %	59,50	58,10	66,42	62,92
2) stracono:				
a) w gazach komin. . . . . %	20,40	21,70	20,78	19,18
b) w popielniku (popiół i żużel) . %	1,78	3,91	2,34	1,90
c) przez promieniowanie i straty nieokreślone . . . . %	18,32	16,29	10,46	16,00
	100 %	100%	100%	100%

Opis urządzenia oddymiającego.

Zasada oddymiania polega na wdmuchiwaniu do paleniska uprzednio podgrzanego powietrza wtórnego celem spalenia niespalonych jeszcze węglowodorów.

Aparat przystosowany jest do perjodycznego wdmuchiwania powietrza po każdorazowem zarzuceniu paliwa. Ilość powietrza wdmuchiwanego jest największa tuż po zarzuceniu paliwa t. j. wtedy, gdy warstwa paliwa jest najgrubsza, a więc i opory dla podmuchu największe, następnie stopniowo maleje w miarę przepalania się paliwa i co za tem idzie mniejszego zapotrzebowania powietrza.

Ciąg kominowy lub podmuch, w pierwszej chwili po zarzuceniu paliwa, daje najmniej powietrza, a najwięcej pod koniec okresu spalania, kiedy go właśnie najmniej potrzeba. Urządzenie do oddymiania polega właśnie na dostarczaniu nad ruszt sprężonego powietrza wtórnego, odpowiednio do zapotrzebowania, t. j. najwięcej tuż po zamknięciu drzwiczek i najmniej przy końcu okresu spalania (rys. 5). Aparat automat



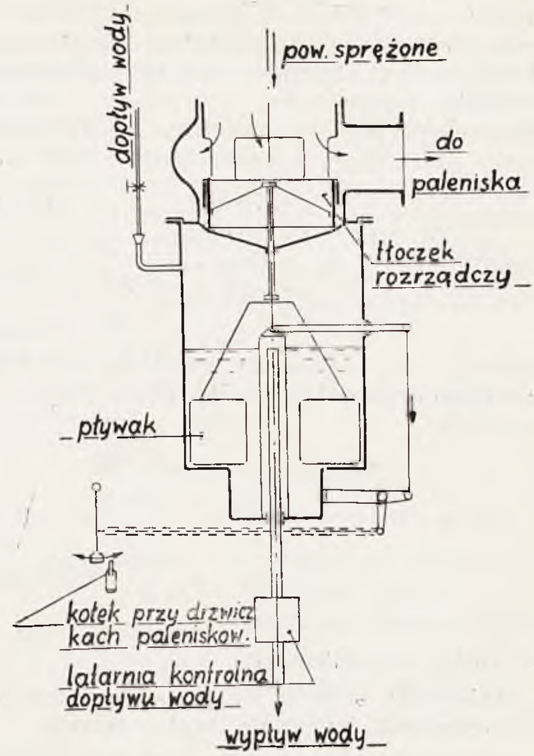
Rys. 5

(rys. 6) połączony jest z drzwiczkami paleniska kotła w ten sposób, że otwarcie drzwiczek spuszcza wodę z automatu. Znajdujący się w automacie pływak opada na dno i przepuszcza pełnym przekrojem powietrze. Następnie woda, stale przepływająca przez aparat, podnosi pływak do góry, przymykając stopniowo dopływ powietrza wtórnego aż do ponownego otwarcia drzwiczek i t. d. Ten cykl się powtarza.

Zaznaczyć należy, że sprężone powietrze, wchodząc nad ruszt (przy wodnorurkowych) względnie za przewał (przy lankaszyrach) przechodzi przez specjalny podgrzewacz szamotowy lub metalowy (rys. 7 i 8) usprawniając spalanie się paliwa.

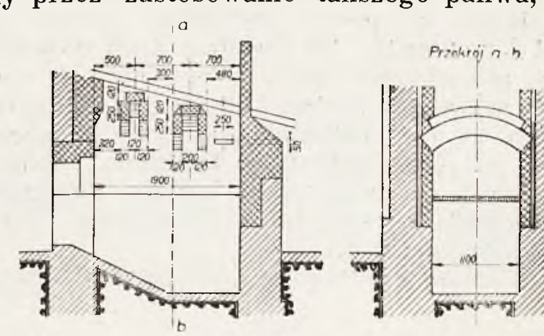
Należy tu przestrzec przed zbytnią pogonią za polepszaniem η. Zaznaczyć należy, że walka z dymem wymaga pewnego nakładu i gdyby nawet zainstalowane przyrządy nie polepszyły η, a tylko zmniejszyły dym, należałoby to uznać za wystarczające, gdyż o to właściwie chodzi w założeniu.

Powietrze wtórne zwiększa nadmiar powietrza, zwiększając tym sposobem straty, jednakże straty te kompensują się przez zmniejszenie strat powodowanych przez niezupełne spalanie, pozatem zastosowanie powietrza wtórnego daje możność użycia w miastach węgla górnośląskiego, niewiele droższego, posiadającego jednak większą wartość opałową.



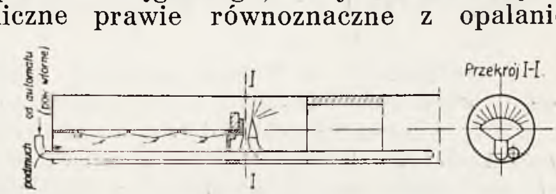
Rys. 6

Instalując odpowiednie palenisko możemy przez zastosowanie tańszego paliwa, jak



Rys. 7

np. miału węglowego, otrzymać rezultaty termiczne prawie równoznaczne z opalaniem



Rys. 8

orzechem lub groszkiem, pod względem zaś kalkulacji zamiana daje od 15 do 40% oszczędności.

Wielokrotnie słyszeć się daje, że na dalsze odległości nie opłaca się sprowadzać

miału węglowego ze względu na jego niższą wartość opałową; w rzeczywistości zaś, gdy się przeliczy, biorąc za podstawę wyniki przeprowadzonych pomiarów, to okazuje się, że nawet na wysokości Lwowa, czyli na odległości 500 *klm* od Zagłębia Węglowego, opalanie miałem daje jeszcze 15 — 20% zysku w stosunku do orzecha,

a mianowicie: W_u — orzecha —7000 Cpł.
W_u — miału górn. —6300 „

Różnica — 700 Cpł.

co czyni 10% różnicy

odparowanie z 1 *kg* paliwa

orzech ~ 8 *kg*
miał ~ 7 *kg*

Różnica ~ 1 *kg* ~ 12,5%

cena orzecha loco Lwów—45 zł.
cena miału „ „ —32 „

Różnica —13 zł~29%

koszt 1000 *kg* pary przy orzechu — $\frac{1000}{8} \cdot 45 = 5{,}62$ zł.

„ „ „ „ „ miale — $\frac{1000}{7} \cdot 32 = 4{,}57$ „

Różnica — 1,05 zł.

t. zn. 18,5% oszczędności.

Ilość pary zużyta na pędzenie wentylatora wynosi ok. 2,0% pary wytworzonej.

Zaznaczamy, że przy opalaniu miałem należy wprowadzić i podmuch. Instalacje takie coraz częściej się spotyka i w szeregu wytwórni dotychczasowe ruszty płaskie zostały zamienione na ruszty z podmuchem, instalacje zaś nowe budowano odrazu na miał i podmuch. Na zasadzie tych doświadczeń, jak również i prób dokonywanych w innych zakładach można twierdzić, że zamiana paliwa na miał kalkuluje się zarówno w małych jak i w dużych instalacjach. Poniżej podajemy czynniki takiej zmiany osiągnięte w pewnych instalacjach w Warszawie, Toruniu i Starogardzie.

Warszawa (odległość od kopalni 343 *km*)— ruszta daszkowe firmy Ł. T. T. H. oszczędność przy średniem obc. kotła 20 kg/m^2 p. o. wynosi 30—35%.

Toruń (odległość od kopalni 439 *km*) — ruszta f. Zieleniewski syst. Simon'a oszczędność wynosi ~ 24%.

Starogard (odległość od kopalni 569 *km*)— zaznaczyć tutaj należy, że w wypadku tym zmieniono paliwo pomimo pozostawienia poprzednich rusztów, przeznaczonych do palenia groszkiem. Podmuchu nie wprowadzono ze względu na duży ciąg komina, w rezultacie otrzymano przy kotle 250 m^2 p. o. 12 *atn* z rusztem mechanicznym łańcuchowym oszczędność ~ 25%, co daje przy ruchu 24-o godz. ~ 140 zł. oszczędności dziennej.

Badania inż. Dautera, Wróblewskiego i innych (por. *Technika Cieplna* Nr. 3 1924 r., *Technika Cieplna* Nr. 2 i 7 — 1931 r. również korzystnie świadczą o paleniu miałem (np. w badaniach opisanych przez inż. Dautera osiągnięto 35% oszczędności).

Przy decydowaniu wyboru gatunku i sortymentu węgla należy obliczać jak się kalkuluje cena 100,000 Cpł. danego gatunku i sortymentu węgla loco kotłownia, biorąc pod uwagę cenę węgla loco kopalnia oraz koszta przewozu. Zaznaczam, że miał poza linią Bugu korzysta z tańszej taryfy przewozowej, co wpływa na jego zasięg i rozpowszechnienie.

Poza oszczędnością zastosowanie podmuchu pozwala zwiększyć natężenie powierzchni ogrzewalnej kotła, czyni instalację bardziej elastyczną i pozwala jej zmieniać obciążenie w dość szerokich granicach.

Jak widać z przytoczonych przykładów stosowanie miału opłaca się znakomicie zmniejszając koszty produkcji pary. Aparaty zaś do oddymiania zwiększają zasięg stosowania miału wysokowartościowego górnośląskiego i pozwalają stosować go i w miastach, gdzie ze względu na dymienie stosowano przeważnie węgiel chudy Zagłębia Dąbrowskiego.

ZAWORY BEZPIECZEŃSTWA O PEŁNYM SKOKU[1]).

Obowiązujące w Polsce przepisy o budowie, ustawianiu i dozorze kotłów parowych z r. 1921, przewidują do obliczenia zaworów bezpieczeństwa, których skok grzybka wynosi nie mniej niż $^1/_4$ średnicy, w ogólnym i znanym już wzorze, zmniejszenie spółczynnika 15 na równy lub większy 5. Wzór więc obowiązujący dla tych zaworów ma postać:

$$F \geqq 5H \sqrt{\frac{1000}{p \cdot \gamma}};\ mm^2$$

gdzie oznacza: F — ogólny przekrój zaworu w mm^2,
H — powierzchnia ogrzewalna kotła w m^2,
p — robocze ciśnienie w kg/cm^2,
γ — ciężar właściwy pary w kg/m^3.

[1]) *Technika Cieplna* Nr. 7, str. 111, rok 1933, „W sprawie zaworów bezpieczeństwa kotłów parowych", *Die Wärme* Nr. 39, str. 642, r. 1933.

Wzór ten częściowo tylko charakteryzuje przepływ ze zwężonym strumieniem i praktyka wykazała, że tak obliczone zawory o pełnym skoku nie odpowiadają współczesnym wymaganiom ruchu kotłów, wobec czego starano się znaleźć rozwiązanie, odpowiadające obecnym wiadomościom o technice przepływu.

Wzór powyżej podany powstał ze wzoru Cario, a przez to już nie jest słuszny dla zaworów o pełnym skoku, ponieważ spółczynnik 15 ustalony był tylko dla skoku $\frac{d}{40}$. Pewnem więc jest, że zawór, którego grzybek podniesiony jest 10 razy wyżej, musi przepuścić więcej niż potrójną ilość pary. Zmniejszenie zatem spółczynnika 15 o $^1/_3$ jest dla zaworów o pełnym skoku o wiele zamałe.

Zasadniczy wzór Cario nie odpowiada rzeczywistym założeniom przepływu, gdyż zgodnie z ówczesnemi poglądami przyjęta jest w nim szybkość wypływu:

$$w = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot 10000 \cdot p;}{\gamma}} \text{ w } m/sek$$

analogicznie do wzoru $w = \sqrt{2\,gh}$. Odpowiada to założeniu, że przepływający czynnik jest nieściśliwy, co jest w przybliżeniu tylko słuszne dla małych szybkości wypływu. Przy ponad krytycznych spadkach ciśnienia wypadają z tego wzoru zbyt wielkie szybkości wypływu. Rzeczywista szybkość będzie mniejsza i wynosi dla ponad krytycznych spadków ciśnienia:

$$w = \sqrt{2g \cdot \frac{k}{k+l} \cdot \frac{p_1}{\gamma_1}} \cdot 10000;\ m/sek$$

W roku 1930 w Niemczech, wobec zrozumienia konieczności ustalenia ogólnego wzoru do obliczania zaworów o pełnym skoku, szczególnie dla kotłów wysokich ciśnień i wielkiej wydajności, ministerstwo pracy spowodowało przeprowadzenie badań, których wyniki ogłosił Dr. Cleve [1]).

Badania te ustaliły, że ilość wypływu z zaworu o pełnym skoku wzrasta wraz ze zwiększeniem skoku z $\frac{d}{4}$ do $\frac{d}{3}$, natomiast dalsze powiększenie skoku tylko nieznacznie podwyższa ilość wypływającej pary.

Wypływ z takiego zaworu ma charakter wypływu przy spadku ciśnienia powyżej krytycznego. Takie wypływy dla celów pomiarowych posiadają, spółczynnik wypływu 0,96, natomiast w wypadku wypływu z zaworu bezpieczeństwa, który to wypływ jest niedoskonały i zaburzony, spółczynnik ten będzie wynosił przypuszczalnie $\sim$ 0,7. A to z tego powodu, że już przy wejściu pary do króćca zaworu występuje zwężenie przekroju, następnie dolne prowadzenie grzybka daje zmniejszenie wolnego przekroju przez żeberka prowadzące, a przy podniesionym grzybku musi nastąpić ostre odchylenie strumienia, aby para mogła wypływać bokiem pod grzybkiem. Nieuniknione więc jest silne zwężenie strumienia, tak że na drodze czysto teoretycznej można ustalić, że wypływ ten ma miejsce przy spadku ciśnienia powyżej krytycznego i ma charakter wypływu zaburzonego.

Szybkość pary w najwęższym przekroju, przy wypływie z zaworu o pełnym skoku, będzie wynosić:

$$\frac{w^2}{2g} = -\int_{p_1}^{p_2} v \, . \, dP\,;$$

gdzie oznacza: w — szybkość w $m/sek.$
p_1 — ciśnienie przed zwężeniem przekroju w kg/m^2,
p_2 — ciśnienie za zwężeniem przekroju w kg/m^2,
v — objętość właściwa pary w m^3/kg.

Przyjmując przemianę adjabatyczną $Pv^k =$ Const. i całkując to równanie, otrzymujemy:

$$w = \sqrt{2g \cdot \frac{k}{k-1} \cdot p_1 v_1 \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]}\,;\ m/sek.$$

To równanie dla zaworu bezpieczeństwa trzeba tak przekształcić, ażeby otrzymać zależność między przekrojem zaworu i ilością wypływającej pary, wyrażoną w jednostkach przyjętych normalnie do obliczeń. Otrzymuje się wtedy (dla przepływu bez uwzględnienia tarcia):

$$f = \frac{10000}{3600 \cdot \sqrt{2g} \cdot \sqrt{\frac{\gamma_1}{p_1}} \cdot \sqrt{\frac{k}{k-1}\left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k+1}{k}}\right]}} \cdot \frac{D}{p_1}\,;\ mm^2$$

gdzie: f — wolny przekrój zaworu w mm^2,
p_1 — ciśnienie przed zwężeniem przekroju w kg/cm^2,
p_2 — ciśnienie za zwężeniem przekroju w kg/cm^2,
D — ilość wypływającej pary w kg/h,
k — spółczynnik adjabaty,
g — przyśpieszenie ziemskie w m/s^2

[1]) Zeitschrift des Bayerischen Revisionsvereins 1931, str. 165.

Oznaczając:

$$\sqrt{\frac{k}{k-1}\left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k+1}{k}}\right]} = \psi$$

i ponieważ ciśnieni ekrytyczne przy wypływie wynosi

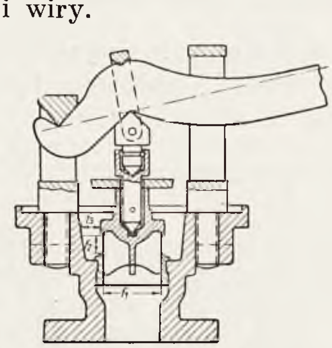
$$p_k = p_1 \cdot \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k-1}} = 0{,}577 \cdot p_1$$

więc spółczynnik ψ przybiera wartość stałą $\psi = 0{,}45$.

Dla zaworów o pełnym skoku jest więc równanie:

$$f = \frac{10000}{3600 \cdot \sqrt{2g \cdot \psi \cdot \sqrt{\frac{\gamma_1}{p_1}}}} \cdot \frac{D}{p_1}; \; mm^2.$$

Jednakże wzór ten ważny jest tylko dla idealnego wypływu bez tarcia. W rzeczywistości natomiast wypływ jest niedoskonały, a to wskutek zwężenia przekroju na wejściu pary do króćca i przez żeberka grzybka, oraz przez odchylenie strumienia w przekroju wylotowym. Dlatego koniecznem jest wprowadzenie spółczynnika η uwzględniającego straty na tarcie i wiry.

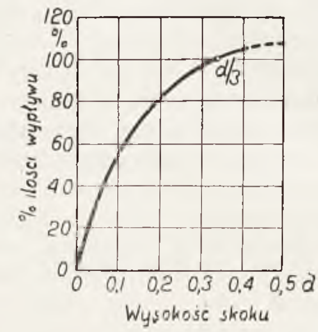


Rys. 1.

W samym zaworze bezpieczeństwa należy rozważyć trzy zasadnicze przekroje (rys. 1). Wolny przekrój zaworu $f_1 = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$ który jest zarazem przekrojem króćca. Przekrój $f_2 = \pi\, d\, h$, którego wielkość określa wysokość skoku h i średnica krawędzi gniazda grzybka, oraz przekrój pierścieniowy f_3, między osłoną zaworu a grzybkiem.

Przy małym skoku, o ilości wypływu decyduje jedynie przekrój f_2, przy dalszem podnoszeniu się grzybka zależność ilości wypływu staje się bardziej zawiła. Ponieważ króciec jest umocowany na walczaku, zatem zachodzi wypadek wypływu z dużej objętości przez otwór o ostrych krawędziach. Dla tego rodzaju wypływów ustalono w hydraulice bardzo małą wartość spółczynnika wypływu, a mianowicie $\sim 0{,}6$. Według jednak najnowszych badań Schillera [1]) przy wypływie z otworu o ostrych krawędziach i rozprężaniu pary aż do ciśnienia krytycznego i poniżej, następuje zmniejszenie kontrakcji, tak, że w zwężonym przekroju (który będziemy oznaczali przez f_1') trzeba się spodziewać znacznie większego spółczynnika wypływu niż 0,6. Dalsze zwężenie strumienia występuje w przekroju f_2, w którym strumień pary jest odchylany pod kątem prostym i rzeczywisty przekrój wypływu zmniejsza się wskutek tego do f_2'.

Według badań Cleve'go (rys. 2) jest prawdopodobnem, że ponieważ ilość wypływającej pary wzrasta jeszcze poza wartością



Rys. 2. Ilość wypływu z zaworu o pełnym skoku w zależności od wielkości skoku zaworu, z badań Cleve'go.

skoku $\frac{d}{3}$, to przekrój f_2' jest mniejszy od f_1' chociaż $f_2 > f_1$. Dopiero przy skoku powyżej $\frac{d}{2}$, a więc przy wypływie praktycznie niezaburzonym, ilość wypływającej pary nie zwiększa się ze wzrostem skoku, ponieważ jest ona ograniczona już na wejściu do króćca przez przekrój f_1'.

Przekrój f_3 nie wpływa na ilość wypływającej pary, ponieważ jest on większy od f_1, od niego jednak zależy sam sposób działania zaworu.

Przyjmując dla zaworów o pełnym skoku, jako największy skok wielkość $\frac{d}{3}$, należy do równania wypływu wprowadzić jeszcze spółczynnik μ. Dla uproszczenia można przyjąć, że spółczynnik μ wyraża stosunek najwęższego przekroju wypływu do przekroju zaworu $f_1 = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$. Uwzględnia on zależność przekroju f_2 o kształcie cylindrycznym od przekroju zaworu ($f_2 = f_1$), oraz zmniejszenie przekroju strumienia przez jego zwężenie i przez żeberka prowadzące, w wypadku zaworów o dolnem prowadzeniu grzybka. Wpro-

---

[1]) W. Schiller. Ueberkritische Entspannung kompressibler Flüssigkeiten, Forschung 1933, str. 128.

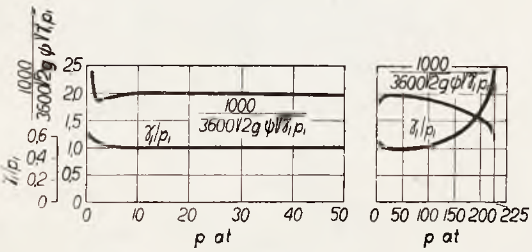
wadzając te spółczynniki, otrzymamy równanie:

$$f = \frac{10000}{3600 \cdot \sqrt{2g} \cdot \psi \cdot \eta \cdot \mu \cdot \sqrt{\frac{\gamma_1}{p_1}}} \cdot \frac{D}{p_1} =$$

$$= x \cdot \frac{D}{p_1}; \; mm^2.$$

Cleve w swych badaniach otrzymał dla zaworu z dolnem prowadzeniem grzybka całkowity spółczynnik $x = 2{,}82$, a dla zaworów z górnem prowadzeniem grzybka $x = 2{,}66$, czyli średnio o 5,7% mniejszy (wpływ żeberek prowadzących grzybek).

We wzorze powyższym, oprócz D, p_1 i γ, wszystkie wielkości są stałe. Jak widać z rys. 3, wielkość $\sqrt{\frac{\gamma_1}{p_1}}$ jest stała dla ciśnień od 10 do 50 *atn*.



Rys. 3

Zmiana $\frac{\gamma_1}{p_1}$ **i** $\frac{10000}{3600 \cdot \sqrt{2g} \cdot \psi \cdot \sqrt{\frac{\gamma_1}{p_1}}}$ **w zależności od ciśnienia.**

Zmiana $\frac{\gamma_1}{p_1}$ **i** $\frac{10000}{3600 \cdot \sqrt{2g} \cdot \psi \cdot \sqrt{\frac{\gamma_1}{p_1}}}$ **dla całego obszaru ciśnień.**

Wobec tego wielkość

$$\frac{10000}{3600 \cdot \sqrt{2g} \cdot \psi \sqrt{\frac{\gamma_1}{p_1}}}$$

otrzymuje dla tego zakresu ciśnień również wartość stałą i równą 2.

Dla wypływu bez wirów i tarcia, bez zmniejszenia przekroju przez żeberka prowadzące grzybek i bez zwężenia strumienia, ważny jest więc wzór:

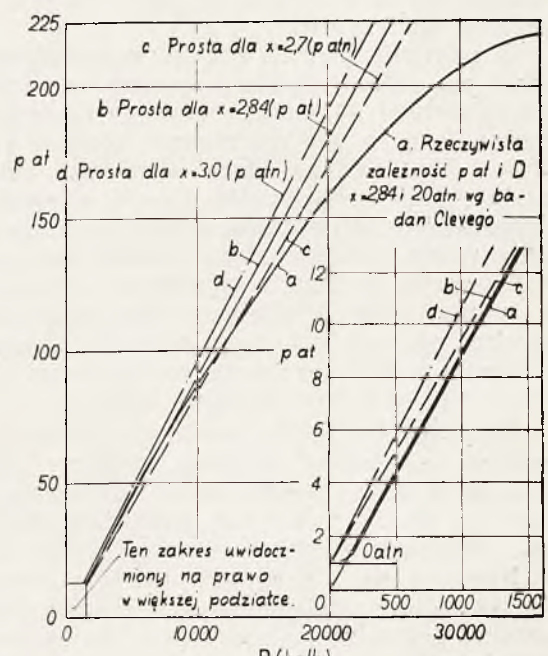
$$f = 2 \cdot \frac{D}{p_1}; \; mm^2$$

Jest to równanie tylko dla idealnego zaworu bezpieczeństwa o pełnym skoku. W rzeczywistości, wspomniane wyżej warunki pogarszają wypływ w stosunku:

$$\frac{2}{x} = \frac{2}{2{,}84} = 0{,}7,$$

przez co, w tym wzorze powiększa się również spółczynnik 2. Opierając się na dającym się łatwo obliczyć z badań Cleve'go iloczynie stałych $\psi \cdot \eta \cdot \mu$ i na wartościach $\frac{\gamma_1}{p_1}$ przedstawionych na rysunku 3, otrzymuje się zależność ilości wypływającej pary od ciśnienia, przedstawiona krzywą *a* na rys. 4.

Krzywa ta w dolnym obszarze ciśnień pokrywa się z prostą *b*, przeprowadzoną przy $x = 2{,}84$, otrzymaną z punktów pomiarowych badań Cleve'go i przechodzącą przez punkt zerowy. Ponieważ Cleve w swoim wzorze przyjmował jako p_1 nadciśnienie, zamiast ciśnienia absolutnego, w obszarze niskich ciśnień (wykres po prawej stronie rys. 4) punkty pomiarowe nie leżą na tej linji.



Rys. 4

Ilość wypływu pary z zaworu o pełnym skoku o ⌀ 20 *mm* w zależności od ciśnienia.

Na rys. 4 z badań Cleve'go podana jest jeszcze prosta *c* przy $x = 2{,}7$ (zawory z górnem prowadzeniem grzybka), oraz prosta *d* przy spółczynniku $x = 3$. Obie te proste odpowiadają założeniu, że wielkość $\frac{\gamma_1}{p_1}$ jest stała dla wszystkich ciśnień, co jest tylko słuszne do ciśnienia 50 *at*.

Porównując ze sobą te krzywe, widać, że dla spółczynnika $x = 3$ przekroje zaworów wypadają zbyt duże.

Dla niskich ciśnień przekroje zaworów wypadają przy $x = 3$ bardzo znacznie zaduże. Np. dla 5 *at* wypada przekrój większy ~23%, dla średnich ciśnień już tylko o 8 ÷ 10% większy niż to odpowiada krzywej „a". Ze wzrostem ciśnienia wskutek przebiegu krzywej $\frac{\gamma_1}{p_1}$ (rys. 3) różnica ta znowu się zwiększa i tak np. dla 150 *at* wynosi 17%, a dla 225 *at* — 45%.

Powstaje zatem pytanie, czy słuszne jest obliczanie zaworów o pełnym skoku tym prostym wzorem $f = 3 \frac{D}{p_1}$. Dla niskich ciśnień otrzymuje się bardzo małe różnice przekrojów rzeczywiście potrzebnych, a obliczonych wzorem:

$$f = x \cdot \frac{D}{p_a} = x \frac{D}{p_n + 1}$$

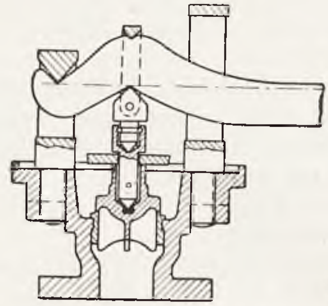
Dla ciśnień wyższych, trzeba albo przyjąć krzywą o kształcie *a* (rys. 4), albo zwiększać stopniowo spółczynnik x.

W zakresie niskich ciśnień możnaby się zgodzić na nieco większe wymiary zaworów bezpieczeństwa o pełnym skoku, ponieważ wchodzą tutaj w grę nieznaczne różnice ich średnic. Zbyt jednak duże wymiary, które wypadają przy spółczynniku $x = 3$, w zakresie wysokich ciśnień możnaby tylko usprawiedliwić tem, że stosunkowo mało jest doświadczenia z kotłami o wysokiem ciśnieniu i że wobec dużych obciążeń cieplnych powierzchni ogrzewalnej tych kotłów, największe dopuszczalne przekroczenie ciśnienia roboczego powinno być mniejsze niż 10%.

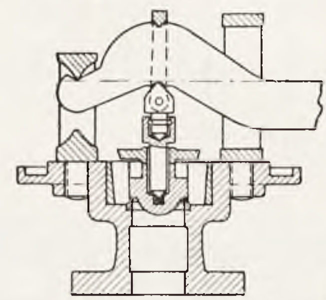
Do ciśnienia 180 *at* przekrój zaworu rzeczywiście potrzebny wypada większy 22%, zatem dla kotłów często dotąd budowanych na 100 — 130 *at*, wzór ten może być stosowany. Wyjątek właściwie stanowi tylko kocioł Bensona na 225 *at*, dla którego otrzymuje się duże odchylenie w wielkości rzeczywiście potrzebnego przekroju zaworu, a to wskutek silnego załamania się krzywej *a* (rys. 4) przez wzrost wartości $\frac{\gamma_1}{p_1}$ powyżej 180 *at* (rys. 3).

Ogólnie zatem, przy obliczaniu przekroju zaworu o pełnym skoku, spółczynnik 3 zawiera dla wszystkich ciśnień pewien jakgdyby dodatek pewności. Jeżeli uwzględnić, że dodatek ten szczególnie jest duży dla zakresu wysokich ciśnień, dla których są tylko extrapolowane wyniki badań Cleve'go, przyjąć można za bardzo prawdopodobne, że spółczynnik $x = 3$, praktycznie biorąc, dla wszystkich ciśnień jest wystarczający.

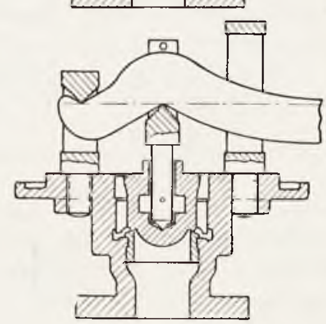
Fabryki kotłów przeważnie nie budują same zaworów bezpieczeństwa, tylko zamawiają je w specjalnych fabrykach. Konstrukcje budowanych obecnie zaworów przedstawione są na rys. 5, 6 i 7.



Rys 5



Rys. 6



Rys. 7 Zawór o pełnym skoku ze specjalnem wykonaniem kołnierza grzybka i górnem prowadzeniem grzybka.

Zawór w wykonaniu podanem na rys. 5, posiada dolne prowadzenie grzybka, a przez żeberka prowadzące zmniejszony jest jego wolny przekrój wypływu.

Rys. 6 podaje konstrukcję zaworu z górnem prowadzeniem grzybka, niema już tutaj zmniejszenia wolnego przekroju i żeberka nie są w obrębie tak wysokich temperatur, co pozwala łatwiej uniknąć zakleszczenia grzybka.

Wykonanie zaworu wg. rys. 7 charakteryzuje specjalne ukształtowanie kołnierza grzybka, który jest znacznie wydłużony, daje jednak zmniejszenie wolnego przekroju w przestrzeni pierścieniowej między korpusem a grzybkiem.

A. W.

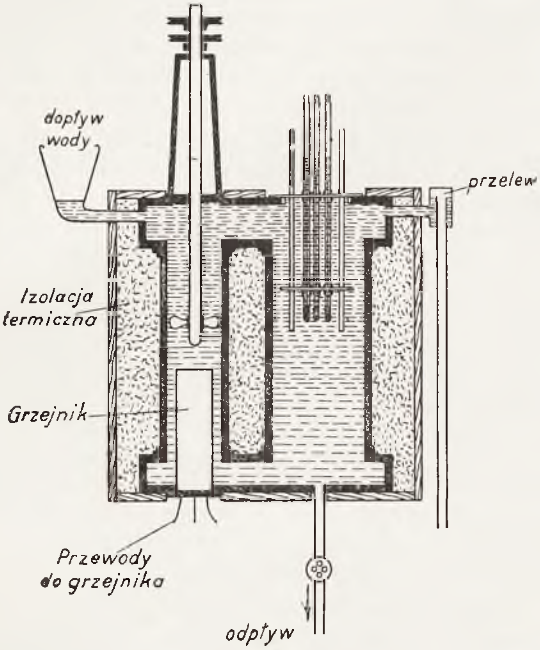
(d. c. n.)

Inż. EUGENJUSZ WOLNIEWICZ i inż. ADAM EMIL SIERZPUTOWSKI.

O NOWOCZESNYCH SPOSOBACH POMIARU TEMPERATURY.

Por. *Technika Cieplna*, str. 163, 1933 r.

Rys. 3 przedstawia termostat z kąpielą solną dla wzorcowania termometrów w obszarze 200 ÷ 450° C. Na rys. 4 przedstawiony jest termostat z kąpielą solną ogrzewany na drodze indukcyjnej. Rys. 5 przedstawia piec do wzorcowania normalnych termoelementów w podstawowych punktach.



Rys. 2. Kąpiel wodna dla wzorcowania termometrów rtęciowych pomiędzy 0° a 100°C.

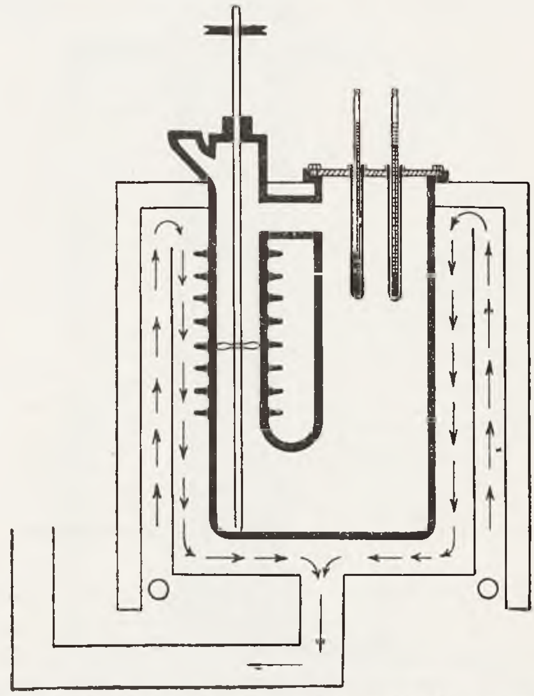
5. **Termometry rozszerzalnościowe.**

A. **Termometry rtęciowe w szkle.**

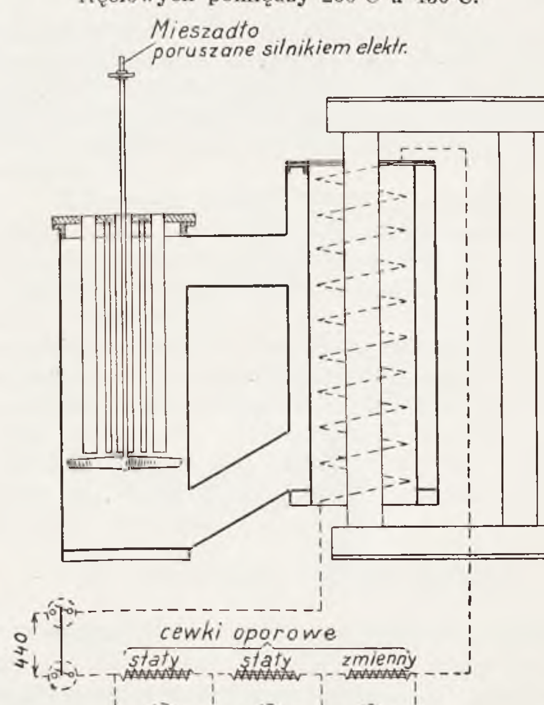
Zastosowanie ich dotyczy specjalnie obszaru temperatur niewysokich (do 100°). Jednakże w przemyśle spotyka się je jeszcze bardzo często nawet do pomiaru wysokich temperatur, co należy tłumaczyć tylko niską ich ceną. Są one wyrabiane do pomiaru temperatury do 750° C. Normalne zakresy temperatur dla termometrów rtęciowych są:

−40 +50°C
0 +100°C
0 +150°C
+50 +250°C
+150 +500°C
+150 +700°C wzgl. 750°C.

Dla różnych celów wykonywane są termometry dla różnych głębokości zanurzenia t. zn., skale termometru zaczynają się dopiero przy 0,5 *m*, 1 *m*, 1,5 *m* ponad zbiorniczkiem rtęci. Długość i głębokość zanurzenia muszą być podane przy zamawianiu, tak aby cała dłu-

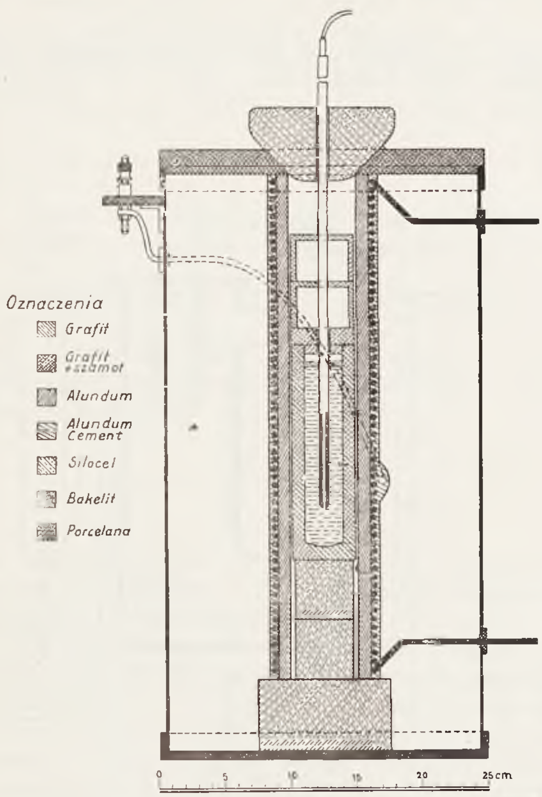


Rys. 3. Kąpiel wodna dla wzorcowania termometrów rtęciowych pomiędzy 200°C a 450°C.



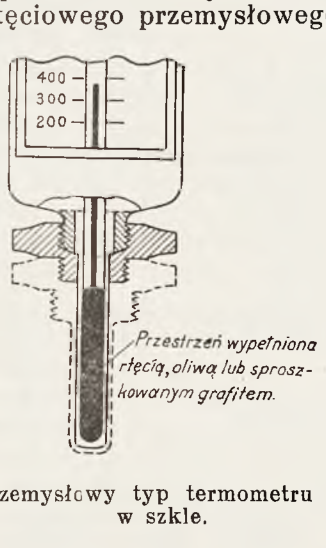
Rys. 4 Indukcyjny piec dla kąpieli solnej do wzorcowania termometrów pomiędzy 200°C a 600°C.

gość była dobrze wyzyskana i żeby wystający na zewnątrz słupek rtęci w kapilarze był jaknajmniejszy. Termometry rtęciowe w szkle używane są w przemyśle prawie zawsze w ochronach metalowych. Rury ochronne robione są



Rys. 5. Piec do wzorcowania normalnych termoelementów w podstawowych punktach.

przeważnie z mosiądzu lub poniklowanego żelaza. Rury zanurzeniowe dla temperatur do 250° C robi się z mosiądzu, do 700° C ze stali. Na rys. 6 przedstawione jest uzbrojenie termometru rtęciowego przemysłowego.



Rys. 6. Przemysłowy typ termometru rtęciowego w szkle.

Dla wysokich temperatur termometry te budowane są z trudno topliwego szkła (do 550° C) lub z przezroczystego kwarcu, przyczem punkt wrzenia rtęci podniesiony jest przez wypełnienie kapilary azotem (czasem dwutlenkiem węgla) pod ciśnieniem do 100 atmosfer. Przy wszystkich tych termometrach istnieje niebezpieczeństwo eksplozji i dlatego nie mogą one być używane tam, gdzie są narażone na duże wstrząsy lub uderzenia.

Dla zakresu temperatur —39° C do +300° C używa się termometrów wypróżnionych albo pod normalnem ciśnieniem. Skala termometru w laboratoryjnych termometrach umieszczona jest przeważnie na zewnętrznej powierzchni szkła. Dla celów przemysłowych ten sposób wykonania ze względu na szybkie zatarcie się kres jest nieodpowiedni i w tych termometrach używa się skal wstawionych pod zatopiony na kapilarę klosz szklany.

Termometry rtęciowe szklane mają następujące wady. Są one związane z miejscem—odczytu temperatury można dokonywać tylko w miejscu pomiaru. Termometry rtęciowe nie nadają się do rejestrowania temperatury. Duże źródło błędów tkwi również w odczytywaniu wysokości słupka rtęci w kapilarze. Wprawdzie stosowanie kapilar pryzmatycznych oraz ostatnio wprowadzone podlewanie jednej strony kapilary na czerwono ogromnie podnosi widzialność słupka rtęci, temniemniej używanie termometru rtęciowego zwłaszcza w przemyśle, w warunkach niedogodnych do odczytywania (ciemno, kurz) jest często utrudnione. Kwestja uniknięcia paralaksy przy pomiarze w warunkach przemysłowych także nie jest łatwą.

Poważnem źródłem błędów termometru rtęciowego szklanego są ciągłe zmiany zachodzące w szkle zwłaszcza przy jego ogrzewaniu i studzeniu. Charakterystyczną cechą szkła jest jego powolne kurczenie się po ostygnięciu. Wprawdzie przez „sezonowanie“ (starzenie), które się odbywa przez silne nagrzanie termometru, przetrzymanie kilka dni w tej temperaturze i następnie powolne studzenie, można proces kurczenia się szkła wydatnie zmniejszyć, temniemniej w mniejszym stopniu proces ten zachodzić może nieraz bardzo długo i każde przebywanie termometru w wysokiej temperaturze pociąga za sobą trwałe kurczenie się szkła, a temsamem podniesienie wszystkich punktów skali nieraz o +30° C. Dlatego termometry rtęciowe wymagają po dłuższem używaniu przewzorcowania.

Znanem w termometrze rtęciowym zjawiskiem jest również tak zwana depresja punktu zerowego. Szkło osiąga swe, przez temperaturę określone, wymiary dopiero po upływie pewnego czasu. W wysokich temperaturach proces ten zachodzi szybko, w niższych ($<100^\circ$ C) natomiast przebiega bardzo powoli. Każde więc nagrzanie powoduje po powrocie do mniejszej temperatury zatrzymanie większych rozmiarów zbiorniczka, a temsamem obniżenie wszystkich wskazań termometru. Zjawisko powrotu do właściwych rozmiarów wzgl. wskazań termometru przebiega początkowo prędzej, potem wolniej i po dłuż-

szem wysokiem ogrzaniu może mieć miejsce nawet całemi tygodniami.

Poważnemi błędami może być obciążony pomiar temperatury termometrem rtęciowym zanurzonym bez ochrony w miejsce o wyższem ciśnieniu, co ma często miejsce przy pomiarze temperatury pary i gazów w przewodach zwłaszcza dzisiaj w dobie stosowania pary wysokoprężnej. Wskutek ściśnięcia zbiorniczka termometr pokazywać może o kilkanaście stopni za dużo.

Na wskazanie termometru rtęciowego ma także wpływ położenie termometru przy pomiarze temperatury. Przeważna ilość termometrów wzorcowana jest dla pionowego położenia. Pochylenie termometru przy pracy na skutek wywołanego tem zmniejszenia ciśnienia wewnętrznego wywołuje za duże wskazanie termometru, co zwłaszcza przy długich termometrach musi być brane pod uwagę. W termometrach wypełnionych rtęcią pod dużem ciśnieniem ten wpływ jest naturalnie znikomy. Poprawkę odpowiednią znajduje się empirycznie przez określenie różnicy wskazań termometru w położeniu pionowem i poziomem i uwzględnienie jej proporcjonalnie do sin φ, gdzie φ — kąt nachylenia od pionu oraz do wysokości słupka rtęci od połowy zbiorniczka.

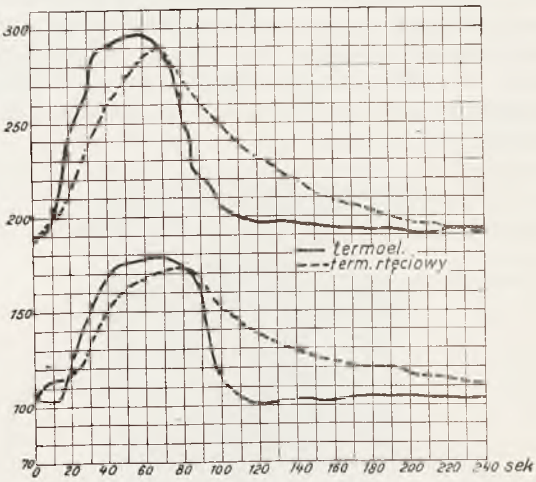
Skala termometru odnosi się do założenia, że podczas pomiaru cała zawarta w nim rtęć posiada temperaturę mierzoną. W praktyce jednakże prawie zawsze ma miejsce wypadek, że część rtęci w wystającej nazewnątrz części termometru znajduje się w innej temperaturze. Powstaje stąd błąd zależny od temperatury oraz długości wystającego słupka rtęci. Błąd ten uwzględnia się przy pomocy następującego wzoru:

$$t = 0{,}00016 \,.\, a\,(t - t_0) \quad . \;.\; . \quad (12)$$

gdzie t — temperatura mierzona, t_0 — średnia temperatura wystającego słupka rtęci (zmierzona innym termometrem w środku wystającego słupka), a — długość wystającego słupka rtęci wyrażona w stopniach, 0,00016 — średni dla różnych gatunków szkła pozorny spółczynnik rozszerzalności rtęci w szkle (różnica objętościowych spółczynników rozszerzalności rtęci i szkła).

Przy opadaniu rtęci bywa często zwłaszcza w termometrach pod ciśnieniem, że słupek się urywa co oczywiście powoduje błędne odczyty. Odczytywanie stale przy podnoszącym się słupku rtęci jest w przemyśle nie do pomyślenia, pozostaje więc jedyny sposób — obstukiwanie termometru przed odczytem.

Przy pomiarze temperatur zmiennych np. temperatury pary wylotowej lub powietrza wylotowego w młotach, regeneratorach i t. p. występuje jeszcze jedna wada termometru rtęciowego mianowicie duża jego bezwładność. Zależy ona od wielkości i kształtu zbiorniczka termometru, od przewodnictwa, rozszerzalności cieplnej szkła i rtęci i t. p., z drugiej strony od ciepła właściwego, przewodnictwa cieplnego, a zwłaszcza warunków ruchu ciała, którego temperaturę mierzymy. Nawet cienkie termometry nie podążają dość szybko ze zmianą temperatury którą mają mierzyć. Rys. 7 przedstawia wynik pomiaru temperatury termometrem rtęciowym o średnicy 6 *mm* oraz termoelementem miedź-konstantan o średnicy drutów 0,8 *mm*. Wskutek znacznie większej bezwładności termometru rtęciowego, krzywa jego znacznie wolniej podnosi się niż krzywa termoelementu i znacznie wolniej opada, wskutek czego początkowo wskazania termometru rtęciowego są za małe, później za duże, przyczem w poszczególnych miejscach błąd w stosunku do termoelementu wynosi 15%.



Rys. 7. Wpływ bezwładności termometru rtęciowego.

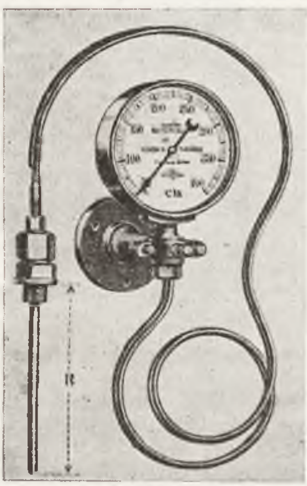
Wszystkie wyżej wyliczone błędy sprawiają, że o ile w zakresie temperatur średnich do 100°C termometr rtęciowy jest bardzo wygodnem i dokładnem narzędziem do pomiaru temperatury, o tyle w wyższych temperaturach staje się bardzo niedokładny i niepraktyczny i ustępuje miejsca innym instrumentom, przedewszystkiem elektrycznym. Najodpowiedniejsze zastosowanie dla termometrów rtęciowych jest pomiar temperatury zewnętrznej, temperatury pomieszczeń oraz w przewodach rurowych.

B. **Termometry rtęciowe stalowe.**

Termometry rtęciowe stalowe składają się ze zbiorniczka z rtęcią znajdującego się w miejscu, którego temperaturę mierzymy, kapilary-łącznika oraz manometru sprężynowego ze wskaźnikiem. Wszystkie te z sobą nierozłącznie związane części są wypełnione rtęcią. Zmiany objętości rtęci w zbiorniczku

wywołane przez zmiany jego temperatury oddziaływują jako zmiany ciśnienia na manometr wskazujący bezpośrednio temperaturę. Zależnie od rodzaju kapilary-łącznika wykonywane one są w dwóch postaciach: 1) termometry ze sztywnym łącznikiem i 2) termometry z elastyczną kapilarą (odległościowe). Oba rodzaje są przytem wykonywane jako wskaźnikowe, albo zaopatrzone są w instrumenty rejestrujące.

Termometry ze sztywnym łącznikiem używane są tam, gdzie odczyt może być wykonywany na miejscu. Nie mogą one być narażone na działanie promieniowania cieplnego, wstrząsów lub szkodliwego działania par lub gazów.



Rys. 8. Termometr rtęciowy odległościowy z giętką kapilarą stalową.

Odległościowe termometry z wiotką kapilarą stosowane bywają tam, gdzie chodzi o przeniesienie odczytywania na dalekie miejsca. Kapilara stalowa o średnicy około 4 *mm* daje się łatwo układać i może być wykonywana najwyżej do długości 50 *m*. Unikać należy ostrych załamań i zgnieceń kapilary.

Duży wpływ na wskazania tych termometrów mają wahania temperatury w miejscach gdzie przebiega kapilara, innemi słowy wpływ „wystającego słupka rtęci". Przy krótkich kapilarach w celu uniknięcia z tego powodu błędu izolujemy je cieplnie (korkiem). Przy długich kapilarach używa się przewodu kompensacyjnego — drugiej kapilary wypełnionej rtęcią i biegnącej od manometru równolegle z główną kapilarą aż do zbiorniczka (rys. 8). Kapilara ta połączona jest w manometrze z drugą sprężyną o działaniu odwrotnem do pierwszej. W ten sposób odkształcenia sprężyny głównej, spowodowane zmianą temperatury rtęci w przewodzie głównym kompensowane są przez przeciwne działanie drugiej sprężyny.

Zakres stosowania tych termometrów sięga 500° C. W stosunku do elektrycznych urządzeń, pozwalających mierzyć temperaturę na odległość ten rodzaj termometru posiada tę zaletę, że jest od nich tańszy. Dokładność jego jest jednakże bardzo mała i wymaga on częstego sprawdzania. Przy wbudowywaniu w przewody parowe należy pamiętać, że wyjmowanie w razie uszkodzenia jest utrudnione gdyż są one bezpośrednio bez rury ochronnej, wkręcane w przewód, przeciwnie niż przy zwykłych termometrach rtęciowych. Ulegają one łatwo zepsuciu i dlatego nie znajdują szerszego zastosowania.

C. **Grafitowe termometry rozszerzalnościowe.**

Budowane one są na zasadzie podobnej jak dilatometry różnicowe. Grafitowy pręt jest umieszczony w rurze zamkniętej od dołu. Przy wzroście temperatury cylinder metalowy wydłuża się szybciej, grafitowy pręt zaś wolniej. Różnica ich wydłużeń przekazywana jest przy pomocy urządzenia dźwigniowego na wskaźnik. Instrument ten jest jednak bardzo niedokładny (może dawać błędy do 100° C) i ze względu na duże masy posiada bardzo dużą bezwładność — dlatego nie należy go stosować.

KRONIKA TECHNICZNA

Nowy rodzaj samoczynnej regulacji zasilania kotłów.

(*Die Wärme* Nr. 35, wrzesień 1933 r.).

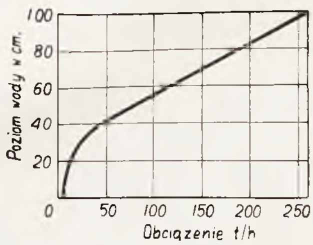
Duże ilości pary z m^2 powierzchni ogrzewalnej kotła, osiągane obecnie w ruchu, stawiają coraz większe wymagania dla samoczynnego regulatora wody zasilającej kocioł. Zasadniczo nawet w krótkim okresie czasu ilość wody doprowadzonej powinna być równa ilości wytwarzanej pary. Całkowita pojemność wodna nowoczesnych kotłów została zmniejszona, pomimo nawet chłodzenia wodą ścian komory paleniskowej, przez stosowanie znacznie mniejszych walczaków, tak że w ruchu przerwa 2 minut w działaniu pompy zasilającej wystarcza już do opróżnienia walczaka z wody.

Znaczenie więc niezawodnego i czułego w działaniu urządzenia do samoczynnej regulacji kotłów uwidacznia się bardzo wyraźnie.

Częste zaburzenia w ruchu kotła przy samoczynnem zasilaniu, opartem na zmianie poziomu wody, dają

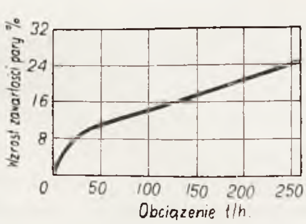
się wyjaśnić zmianą zawartości pary w wodzie w zależności od obciążenia. A mianowicie, przy zwiększaniu się obciążenia następuje wzrost objętości wody w kotle, a przy zmniejszaniu — spadek tej objętości. W kotłach o wielkiej wydajności tylko 80 — 85% objętości wody rzeczywiście zajmuje woda, reszta zaś 20 — 15% objętości przypada na wytwarzającą się w rurach i walczaku parę. Zawartość pary w wodzie wzrasta z odparowaniem, co wyjaśniły badania, przeprowadzone przez Bailey-Meter Co. (rys. 1 i 2).

Do badań wybrano kocioł typu Babcock-Wilcox, którego największe obciążenie wynosiło 250 *t/h*. Utrzymując ten sam ciężar wody w kotle badano zależność, jaka zachodziła w tych warunkach, między poziomem wody, a odpowiadającem mu obciążeniem.



Rys. 1
Zależność poziomu wody w kotle od obciążenia przy tym samym ciężarze wody w kotle.

Jak widać z rys. 1 poziom wody w kotle podnosił się stale z obciążeniem; przy obciążeniu 250 *t/h* był on wyższy o 1000 *mm* od poziomu bez obciążenia. Jako punkt zerowy obrany był dolny punkt walczaka ∅ 1500 *mm*. Z rys. 1 została następnie wykreślona zależność zawartości pary w wodzie od obciążenia, czyli pozorny wzrost ilości wody (rys. 2). Jak widać, przy tym samym ciężarze wody w kotle wahania obciążenia pociągają za sobą określone zmiany poziomu wody.



Rys. 2

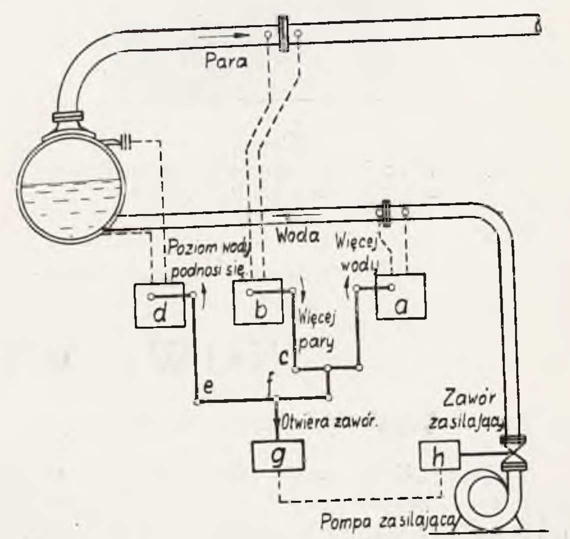
$$\text{Zawartość pary} = \frac{\text{objętość wody w kotle poniżej zwierciadła wod.}}{\text{całkowita objętość poniżej zwierciadła wod.}}$$

Zależność zawartości pary w wodzie od obciążenia kotła.

W wypadku np. nagłego wzrostu obciążenia, spadnie ciśnienie, a objętość wody przez gwałtowne odparowywanie wzrośnie, wskutek czego podniesie się poziom wody. Regulator zasilania, na który działa tylko zmiana poziomu wody, w tym wypadku zamknie zawór zasilający. Po upływie jednak krótkiego już okresu czasu poziom wody obniży się znowu — zawór będzie otwierany i następuje nieustalone działanie regulatora. Przy nagłym spadku obciążenia obniży się poziom wody w kotle, regulator otworzy zawór zasilający, czyli wprost odwrotnie, niż to jest w rzeczywistości potrzebne.

Tego rodzaju regulator zasilania nie może opanować wahań poziomu wody, wywołanych zmianami zawartości pary w wodzie i regulacja rzeczywiście potrzebna nastąpi zawsze z dużem opóźnieniem, uniemożliwiając utrzymanie tego samego poziomu wody, co jest konieczne przy dużych obciążeniach. Każdemu poziomowi wody odpowiada tutaj określone podniesienie zaworu, który będzie zamykany przy wzrastającem obciążeniu. Powstaje niebezpieczeństwo, że przy wzroście obciążenia i takiej regulacji może nastąpić przerzucenie wody do przewodu parowego, względnie przy spadku obciążenia — opróżnienie rur z wody.

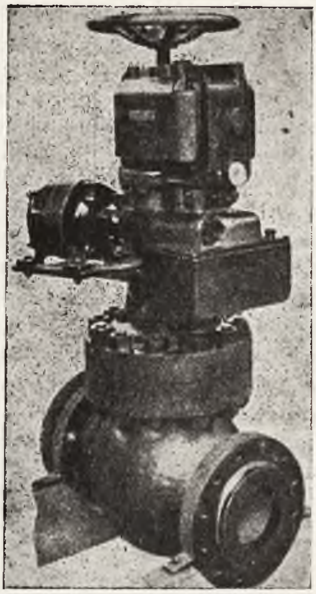
W wypadkach spokojnej pracy kotła regulator ten, uzależniony wprost od zmiany poziomu wody, spełnia dobrze swe zadanie, natomiast w warunkach pracy z wahaniem obciążenia uwidoczniają się jego braki i powstaje konieczność ulepszenia jego działania.



Rys 3
Schemat regulatora zasilania o potrójnem działaniu.

Wspomniane trudności regulacji zasilania opanowuje, jak wykazały badania Bailey — Meter Co. regulator potrójnego działania. Impuls do regulacji daje tutaj nietylko sam poziom wody w kotle, ale również i ilości przepływającej pary i wody. Rys. 3 wyjaśnia sposób jego działania. *a* i *b* są to przyrządy pomiarowe do mierzenia ilości wody zasilającej i pary, połączone ze sobą dźwignią *c*. Przy wzrastającej ilości pary opada lewy koniec dźwigni *c*, przy wzroście ilości wody — podnosi się prawy jej koniec. Dopóki stosunek między wielkościami przepływu pary i wody pozostaje niezmieniony, środek dźwigni *c* jest nieruchomy. Jeśli te dwie wartości nie są sobie równe, następuje ruch środkowego punktu dźwigni *c*. Przyrząd pomiarowy poziomu wody w kotle *d* jest połączony z przyrządami *a* i *b* dźwignią *e*, na której punkt *f* pozostaje nieruchomy, jeżeli nie zmienia się poziom wody i nie różnią się między sobą ilości przepływającej pary i wody. Ruch punktu *f* przez przekaźnik *g*, zostaje przeniesiony na zawór zasilający *h*, który reguluje wtedy zasilanie w ten sposób, że ilości przepływu wzgl. poziom wody w kotle zostają wyrównane.

Regulator ten zależny jest więc bezpośrednio od ilości wody zasilającej, a nie zależy od jej ciśnienia. Stała



Rys. 4
Hydraulicznie działający zawór zasilający, w wykonaniu Bailey-Meter Co.

jego kontrola jest umożliwiona przez to, że wszystkie przyrządy pomiarowe zaopatrzone są w urządzenia samopiszące.

Przekaźnik *g* przez hydrauliczne działanie wzmacnia słabe momenty obrotowe poszczególnych przyrządów pomiarowych.

Z różnych systemów sterowania na odległość, najlepszy w ruchu okazał się elektryczny system „Selsyn", w którym steruje specjalny przekaźnik umieszczony wprost na zaworze zasilającym (rys. 4).

Zawór jest uruchamiany przez serwomotor oliwny, a potrzebne ciśnienie oliwy wytwarza specjalna pompka przy zaworze. Uzyskano przez to regulację zasilania szybką i dokładną, a przez połączenie dźwigniami trzech przyrządów pomiarowych daje się regulator tak ustawić, że przy różnych obciążeniach kotła zmienia się poziom wody w kotle, albo też pozostaje zawsze ten sam.

Zmienny poziom wody w kotle daje tę korzyść, że małym obciążeniom odpowiada niski stan wody, a ten pozwala na wzrost pozornej objętości wody w wypadkach nagłego zwiększenia obciążenia. Zmniejsza się również niebezpieczeństwo opróżnienia rur z wody wskutek zmniejszania się objętości wody w kotle w razie nagłego spadku obciążenia.

A. W.

NOWE WYDAWNICTWA

Suwak techniczny „Norma".

Firma „Enfy" w Bielsku, wydała opracowany przez inż. J. Engelberga i K. Fydę, patentowany suwak techniczny „NORMA", przeznaczony dla inżynierów i techników oraz uczelni technicznych. Suwak składa się z pochewki i przesuwanego wewnątrz niej języczka. Na pochewce przedstawione są najczęściej używane elementy maszyn: śruby Whitwortha, metryczne, rury i gwinty gazowe, oraz kliny i wpustki.

Na rysunku każdego elementu maszyn wycięto w miejsce wymiarów okienka, w których odczytać można wszystkie potrzebne wymiary i wyliczone dane, wydrukowane na przesuwanym języczku. Sam języczek jest składany i na stronie wewnętrznej zawiera wzory obliczeniowe i tabele techniczne najczęściej używane.

Suwak opracowany jest ściśle według Polskich Norm, to też jest uzupełnieniem rozpowszechnionych kalendarzy zagranicznych, niezawierających naszych norm. Całość wykonana starannie z kartonu w oprawie celuloidowej w formacie kieszonkowym.

A. W.

TREŚĆ: *T. Czajkowski*, inż. Oczyszczanie gazów spalinowych i spalanie miału węglowego na rusztach podmuchowych. — *A. W.* Zawory bezpieczeństwa o pełnym skoku. — *E. Wolniewicz*, inż. i *A. E. Sierzputowski*, inż. O nowoczesnych sposobach pomiaru temperatury. — KRONIKA TECHNICZNA. *A. W.* Nowy rodzaj samoczynnej regulacji zasilania kotłów. — NOWE WYDAWNICTWA. *A. W.* Suwak techniczny „Norma".

SOMMAIRE: *T. Czajkowski*, ing. La purification des gaz et le chauffage au charbon mince. — *A. W.* Le soupapes de suretê à haut pas. — *E. Wolniewicz*, ing. et *A. E. Sierzputowski*, ing. Les metodes contemporaines du mesurement des temperatures. — CHRONIQUE. *A. W.* Un nouveau appareil de reglage de l'eau d'alimentation. — NOUVELLES PUBLICATIONS. *A. W.* La regle technique „Norma".